

Berichte aus der Chemie

**Mirko Krüger**

**Anwendungen der NMR-MOUSE in Prozesstechnik,  
Materialforschung und Medizin**

D 82 (Diss. RWTH Aachen)

Shaker Verlag  
Aachen 2006

**Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2006

Copyright Shaker Verlag 2006

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN-10: 3-8322-5421-8

ISBN-13: 978-3-8322-5421-6

ISSN 0945-070X

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## **Anwendungen der NMR-MOUSE in Materialforschung, Prozesstechnik und Medizin**

Ziel dieser Arbeit ist es neue Anwendungsmöglichkeiten der NMR-MOUSE in verschiedenen Bereichen wie der Materialforschung oder medizinischen Diagnostik zu finden. Da die Methodik der NMR-MOUSE nicht invasiv ist, bringt der Einsatz eines mobilen Sensors viele Vorteile mit sich.

So ist im ersten Teil dieser Arbeit gezeigt worden, dass NMR-Messungen einen großen Beitrag zu Vorhersagen zur Lebensdauer von Werkstoffen wie Gummis liefern. Durch eine Korrelation von Zug-Dehnungs- mit  $T_2$ -Relaxationszeitmessungen lässt sich für Produkte wie zum Beispiel Gummi eine E-Modul-Karte über die gesamte Dicke des Produktes aufstellen. Mit Hilfe dieser E-Modul-Karte lassen sich Ermüdungserscheinungen und Schwachstellen wie Defekte im Produkt genau lokalisieren. Jedoch wurden auch Grenzen für dieses Messverfahren deutlich. Werden die Proben thermisch gealtert, so ist die Erstellung dieser E-Modul-Karte nicht mehr ohne weiteres möglich, da eine Alterung grosse und unterschiedlich verteilte Materialveränderungen mit sich bringt.

In Bezug zu Materialforschung und medizinischer Diagnostik wurde im zweiten Teil dieser Arbeit für die NMR-MOUSE ein neues Anwendungsgebiet im Bereich der Silikonbrustimplantate gefunden. Hier zeichnet sich die mobile NMR durch ihre Fähigkeit zur Qualitätskontrolle aus. Es ist möglich die Hüllen der Implantate sowohl auf ihre Homogenität innerhalb einer Produktionsserie als auch ihren Schichtaufbau zu untersuchen. Durch die Verwendung einer Profil-MOUSE lassen sich 1D-Profile der Hüllen erstellen. Diese Profile zeigen deutlich die Dicken der einzelnen Schichten auf, wodurch diese mit den für die Produktion geforderten Toleranzen ständig verglichen werden können.

Sind Brustimplantate erstmal implantiert, so bezieht sich die medizinische Standarddiagnostik auf das umliegende Gewebe. Dieses kann durch Ultraschall oder Mammografie genauestens untersucht werden. Im Verdachtsfall eines Defektes des Implantats kann zudem auch eine MRT-Untersuchung durchgeführt werden, die jedoch sehr kostenintensiv ist. Die Verwendung der mobilen NMR ist in diesem Teilgebiet der Diagnostik eine neue Möglichkeit und geht einen völlig neuen Weg. Anstatt das umliegende Gewebe zu untersuchen, werden Messungen des Implantats selbst durchgeführt. Durch Lipidinfiltation verändert sich die chemische Umgebung der Silikongelmatrix, welche sich wiederum in einer Änderung der Relaxationszeit widerspiegelt. So können nicht nur Rupturen und andere Defekte aufgezeigt werden, sondern auch starke Lipidinfiltationen bei intakten Implantaten, die eine Gefahr für den Patienten darstellen könnten.

Der dritte Teil dieser Arbeit beschäftigt sich mit der Bestimmung des effektiven Diffusionskoeffizienten und der Feuchtebelastung von Gutsteilchen während der Trocknung. Bei der Bestimmung des Diffusionskoeffizienten konnte eine neue Methode vorgestellt und verifiziert werden. Durch SPI-Messungen können örtliche und zeitliche Verteilungen der flüssigen Phase in verschiedenen Gütern während der Trocknung aufgezeichnet werden. Aus diesen Daten lässt sich der effektive Diffusionskoeffizient direkt berechnen. Im Gegensatz zu anderen Methoden, bei denen häufig die Gutsteilchen zerstört werden müssen, ist die SPI-Methode eine zerstörungsfreie Methode. Des Weiteren lassen sich durch die SPI-Messungen während der Trocknung integrale Trocknungskurven gewinnen.

Eine Weiterentwicklung bei der Bestimmung von Trocknungskurven ist die Verwendung der NMR-MOUSE. Hier kann online die Trocknung von Granulaten durch die Messungen der Relaxationszeit verfolgt werden. Die Bestimmung des Feuchtegehaltes von Granulaten ist in der industriellen Produktion ein wichtiges Maß für die Produktqualität. Bisherige Messverfahren liefern nur Teilinformationen (wie die NIR-Methode) und müssen somit meist miteinander kombiniert werden, um die genaue Feuchtebelastungen der Gutsteilchen zu ermitteln. Die TGA liefert zwar genaue Ergebnisse über die Feuchtebelastung der Granulate, jedoch ist dieses Verfahren zeitaufwendig. Die mobile NMR hat das Potential die bisherigen Verfahren zu ersetzen, da sie zum Einen ein schnelles Messverfahren ist und zum Anderen auch die Feuchte im Gutsteilchen messen kann. Es konnte gezeigt werden, dass es nach einer Kalibrierung möglich ist, den Feuchtegehalt einer Schüttung online während der Trocknung zu messen.

Im letzten Teil dieser Arbeit wurde ein weiteres Messverfahren in der medizinischen Diagnostik entwickelt und vorgestellt. Hier werden mit Hilfe der NMR-Profil-MOUSE 1D-Profile der gesunden menschlichen Haut erstellt und diese mit Profilen von Verbrennungsnarben verglichen. Es konnten sowohl die einzelnen Hautschichten wie Oberhaut, Lederhaut, Unterhaut und Faszie voneinander getrennt aufgelöst werden als auch ihre Dicke bestimmt werden. Weiterhin konnten Veränderungen in den Hautschichten im Vergleich von gesunder Haut zu verbrannter Haut aufgezeigt werden. So ist es möglich den Wundheilungsverlauf der Verbrennungsnarben schnell und risikolos für den Patienten nicht nur oberflächlich sondern auch in der Tiefe der Haut zu verfolgen.

Insgesamt konnten vier neue Anwendungsmöglichkeiten der NMR-MOUSE in dieser Arbeit vorgestellt werden. Da die NMR-Methodik zerstörungsfrei ist, berührungslos angewendet werden kann und keine Nebenwirkungen durch Strahlung jedlicher Art hat, eignet sie sich als Messverfahren sowohl in der Materialforschung als auch insbesondere in der klinischen Diagnostik.